

Jakob Nielsenin  
käytettävyysheuristiikkojen puutteet ja  
relevanssi nykypäivänä

TURUN YLIOPISTO  
Tietotekniikan laitos  
TkK-tutkielma  
Huhtikuu 2024  
Iris Kirjalainen

TURUN YLIOPISTO  
Tietotekniikan laitos

IRIS KIRJALAINEN: Jakob Nielsenin käytettävyysheuristiikkojen puutteet ja relevanssi nykypäivänä

TkK-tutkielma, 21 s.

Huhtikuu 2024

---

Siirtymä tekstipohjaisista käyttöliittymistä graafisiin käyttöliittymiin loi tarpeen käytettävyyden heuristiikoille. Jakob Nielsen kehitti käyttöliittymäsuunnittelun heuristiikat 1990-luvulla ja ne ovat vakiintuneet alalla niiden monipuolisuuden sekä yleispätevyyden ansiosta. Tutkielman tavoitteena on kartoittaa heuristiikoissa havaittuja puutteita sekä esille nostettuja kehitysehdotuksia.

Vaikka heuristiikat ovat vakiintuneet alalla, on niissä huomattu puutteita sekä ongelmia. Näistä useiten ilmeneviä ovat heuristiikkojen ympärilyöreytys, arvioinnin laadun vaihtelevuus sekä saavutettavuuden ja turvallisuuden huomioinnin puutos. Näiden korjaamiseksi on ehdotettu useita toimenpiteitä, mutta mitään käänteentekevää ei ole julkaistu.

Erilaisia käyttöliittymiä on erittäin runsaasti ja käytettävyydestä on tullut tärkeä osa mitä tahansa käyttöliittymää. Koska tarjolla on useita käyttöliittymiä käyttäjän tarpeisiin, on ratkaisevan tärkeää, että käytettävyyks on asetettu etusijalle. Näin voidaan varmistaa saavutettavuuden ja yleisen käyttäjäkokemuksen korkea laatu, mikä lisää käyttäjien sitoutumista ja tyytyväisyyttä.

Asiasanat: Jakob Nielsen, heuristiikat, käyttöliittymäsuunnittelu, käytettävyys, käyttöliittymätestaus

# Sisällys

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Käytettävyyden heuristinen arviointi</b>	<b>5</b>
2.1	Heuristinen arviointi . . . . .	5
2.2	Nielsenin 10 heuristiikkaa . . . . .	7
2.3	Muita käytettävyyden heuristiikkoja . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Nielsenin heuristiikoissa havaittuja puutteita sekä esitettyjä kehitysideoita</b>	<b>13</b>
3.1	Yleisiä puutteita Nielsenin heuristiikoissa . . . . .	13
3.2	Arvioinnin laadun vaihtelevuus . . . . .	15
3.3	Esitetyt kehitysideat . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Yhteenveto ja pohdinta</b>	<b>19</b>
	<b>Lähdeluettelo</b>	<b>22</b>

# 1 Johdanto

## Tutkielman tarkoitus

Tutkielman aiheena on Jakob Nielsenin käytettävyyshauristiikat, niissä ilmenevät puutteet ja ongelmat sekä näille esitetyt kehitysideoat. Heuristiikka tarkoittaa ratkaisuperiaatetta tai sääntöä, jonka tarkoituksena on helpottaa ongelmanratkaisua tai päätöksentekoa [1]. Jakob Nielsen kehitti käytettävyyssuunnitteluun liittyviä heuristiikkoja, yhdessä Rolf Molichin kanssa vuonna 1990 [2]. Heuristiikkoja on sen jälkeen paranneltu vuonna 1994 ja nykyinen versio, jossa on kaikki kymmenen heuristiikkaa, on vuodelta 2005 [3], [4].

Heuristiikkojen sovellusalue on laaja ja niitä käytetään useissa eri tietoteknisissä käyttöliittymissä sekä useassa eri suunnittelun vaiheessa. Heuristiikat soveltuvat niin suunnittelun ohjeiksi kuin valmiin käyttöliittymän arviointiin. Myöhempi tutkimus ja teknologioiden kehittyminen on nostanut esille puutteita, epäjohtonmukaisuuksia ja kehityskohteita heuristiikoissa. Uusien heuristiikkojen lisäämistä Nielsenin heuristiikkoihin on ehdotettu havaittujen puutteiden korjaamiseksi ja osa alan toimijoista on tehnyt näin. Nielsenin heuristiikat ovat säilyneet suosittuina ja ne on yleisesti hyväksytty käyttöliittymäsuunnittelun alalla, mutta alan toimijat ovat osoittaneet, että esimerkiksi niiden avulla tehtävä arviointi ei ole johtonmukaista arvioijan osaa- mistasosta riippumatta [5]. Vaikka alan toimijat ovat huomanneet ongelmia heuristiikkojen kanssa, mitään suurta muutosta ei ole tapahtunut alalla vaan Nielsenin

ohjekokoelma on edelleen yksi suosituimmista verkkosivusuunnittelussa. Muitakin eri tekniikan aloihin liittyviä heuristiikkoja on esitetty, mutta nämä ovat jääneet pienemmälle huomiolle.

Aihe on ajankohtainen ja tärkeä, sillä suuri osa päivittäisistä toimistamme tapahtuu verkkosivujen ja sovellusten avulla. Niiden käytettävyys vaikuttaa käyttäjän mielikuvaan yrityksestä tai muusta verkkosivun tai sovelluksen tuottajasta ja huono käytettävyys saattaa ohjata käyttäjän pois verkkosivulta. Käyttäjälle on tärkeä luoda sulava ja ongelmaton käyttökokemus, sillä käyttäjät huomaavat herkemmin huonot ominaisuudet käyttöliittymässä kuin hyvät ja toimivat ominaisuudet. Sen lisäksi, että ongelmat käyttöliittymässä luovat huonon käyttökokemuksen, voivat ne myös luoda ongelmia ja käyttäjä ei pysty tekemään kaikkia haluamiaan toimintoja. Nämä huonot ominaisuudet jäävät käyttäjän mieleen ja saattavat vaikuttaa siihen, palaako käyttäjä enää ohjelman pariin. Hyvä käytettävyys rohkaisee käyttäjiä tutkimaan ohjelman kaikkia osa-alueita, mikä on toivottavaa, sillä se lisää käyttäjien vuorovaikutusta ohjelman kanssa. Hyvin suunniteltu käyttöliittymä helpottaa myös pakollisten asioiden hoitamista, joita käyttäjä ei voi jättää tekemättä huonon käyttöliittymän takia. Huolellisesti tehty käyttöliittymä myös vähentää käyttäjien tekemiä virheitä, mikä edelleen vähentää heidän tarvitsemaansa tukea ja täten myös tukeen tarvittavat kustannukset laskevat. Vaikka heuristiikkojen avulla suoritettava arviointi on tärkeä osa suunnitteluprosessia, on se vain yksi osa sitä eikä se yksinään takaa käyttöliittymän toimivuutta.

## Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymysten tarkoituksena on selvittää suurimpia haasteita ja puutteita Nielsenin heuristiikoissa sekä kartoittaa esitettyjä parannusehdotuksia. Näiden pohjalta kerätty tieto voi edistää käytettävyysuunnitteluun liittyviä pohdintoja. Tutkimuskysymykset ovat:

TK1: Mitä puutteita Nielsenin heuristiikoissa on?

TK2: Mitä ehdotuksia Nielsenin heuristiikkojen virheiden ja puutteiden paikkaamiseen on esitetty?

## Menetelmät ja tiedonhaku

Tietoa etsittiin kolmesta eri tietokannasta: WOS – Web of Science, ACM – Association for Computer Machinery ja IEEE – IEEE Xplore. Käyttökelpoisia lähteitä löytyi eniten WOS-tietokannasta. Hakulauseessa käytettiin tietokannasta riippumatta sanoja *nielsen* ja *heuristic\**, ja jo pelkästään näillä kahdella sanalla löytyi riittävä määrä tuloksia. ACM-tietokannasta haettaessa hakuun lisättiin myös sana *web* operaattorilla **AND**, sillä hakutuloksia tuli muuten liikaa. Ainoastaan vuoden 2000 jälkeen julkaistut hakutulokset otettiin huomioon sillä tätä vanhempien julkaisujen tieto oli suurilta osin vanhentunutta. Nielsenin omia julkaisuja otettiin huomioon vuodesta 1990 alkaen, sillä hän on esittänyt heuristiikat ensimmäistä kertaa 1990-luvulla ja alkuperäisjulkaisut heuristiikoista ovat tarkastelemisen arvoisia. Nielsenin heuristiikat on tiivistetty selkeästi Nielsen Norman Groupin verkkosivuilla, joten tieto tutkittavista heuristiikoista on koottu kyseiseltä sivustolta [6]. Hakutuloksia karsittiin aluksi julkaisuvuoden perusteella. Erikoismerkkien avulla haussa otettiin huomioon sanojen taivutukset sekä monikkomuodot. Tämän jälkeen tutkittiin tuloksia otsikkotasolla ja hylättiin ne, jotka eivät liittyneet tutkielman aiheeseen. Näiden jälkeen jäävästä joukosta etsittiin käyttökelpoisia teoksia tiivistelmän ja osittain myös johdannon perusteella. Alkuperäisten hakujen jälkeen on tehty yksittäisiä täydennyshakuja yllämainituista tietokannoista. Kaikki lähteet ovat englanniksi, sillä laadukasta ja ajankohtaista suomenkielistä lähdeaineistoa ei löytynyt.

## Tutkielman rakenne

Luku 2 esittelee Nielsenin 10 heuristiikkaa yleisellä tasolla ilman syventymistä yksityisiin heuristiikkoihin. Esittelyn laajuus on rajattu, sillä jokaisen heuristiikan yksityiskohtainen läpikäynti ei ole tutkielman aiheena vaan tilaa on haluttu jättää eniten heuristiikkojen ongelmien ja kehitysideoiden esittelylle. Luvussa käsitellään myös heuristiikkojen käyttötapoja ja -kohteita sekä esitellään lyhyesti muita tunnettuja heuristiikkoja. Luvussa kaksi pohditaan miksi juuri Nielsenin heuristiikat ovat olleet suosittuja niin pitkään.

Kolmas luku käsittelee heuristiikoissa havaittuja ongelmia ja puutteita. Luvussa eritellään mitä puutteita Nielsenin heuristiikoista on löydetty ja mitä kehitysehdotuksia alan toimijat ovat esittäneet. Aluksi käydään läpi muutamia puutteita, joita heuristiikoissa on huomattu ja tämän jälkeen syvennytään heuristiikkojen avulla tehdyn arvioinnin laadun vaihtelevuuteen sekä arvioinnissa tehtyihin virheisiin. Nämä teemat esiintyivät useasti eri kirjoittajien artikkeleissa ja huolenaiheet ovat asiallisia ja oleellisia. Tutkielman lopussa esitetään pohdintoja aiheesta, mahdollisia jatkotoimenpiteitä sekä yhteenveto tutkielmasta.

## 2 Käytettävyyden heuristinen arviointi

Tarve käytettävyyden heuristiikoille syntyi 1980-luvulla, kun vuorovaikutus ihmisen ja tietokoneen välillä yleistyi ja monimutkaistui. Graafiset käyttöliittymät yleistyivät ja ne toivat paljon uusia mahdollisuuksia sekä vaatimuksia suunnitteluun. Tekstipohjaiset käyttöliittymät väistyivät graafisten tieltä. Ennen heuristiikkojen kehitystä ei ollut olemassa selkeää arviointiin käytettävää ohjeistusta, jonka avulla suunnittelijat olisivat voineet varmistaa verkkosivujen tai sovelluksen hyvän käytettävyyden ennen kuin palautetta oli mahdollista saada suoraan käyttäjiltä.

### 2.1 Heuristinen arviointi

Heuristiikkojen avulla tehtävän arvioinnin tarkoituksena on suodattaa pois oleellimmat virheet, mutta tämän jälkeen on tärkeää suorittaa lisää käytettävyydestausta, jotta saadaan palautetta suoraan käyttäjiltä. Käyttäjien odotukset käyttöliittymistä kehittyvät ja monimutkaistuvat koko ajan ja pelkkä heuristinen arviointi ei riitä toimivan käyttöliittymän takaamiseksi. Käyttäjät odottavat käyttöliittymiltä pelkän toimivuuden lisäksi personoitua ja heille räätälöityä kokemusta. Heuristinen arviointi käyttöliittymäsuunnittelussa ei ole täysin virheetöntä, sillä on hyvin vaikeaa ennustaa miten käyttäjät reagoivat käyttöliittymään ja miten he ymmärtävät sen. Ohjeiden avulla voidaan ennaltaehkäistä useimpia ongelmia ja antaa käyttäjälle



parempi versio käyttöliittymästä. Nielsenin heuristiikkoja voidaan käyttää jokaisessa suunnittelun vaiheessa ja parhaimmillaan jokaisen suunnittelukierroksen jälkeen. Kaikki heuristiikkojen kohdat eivät kuitenkaan välttämättä sovi jokaiselle suunnittelukierrokselle, sillä heuristiikat käsittelevät laajasti käyttöliittymien eri ominaisuuksia. Käyttäjiltä saadun palautteen perusteella, käyttöliittymää muutetaan vastaamaan paremmin käyttäjien toiveita ja heuristista arviointia voidaan hyödyntää uudestaan kun arvioidaan muutosten laatua.

Heuristinen arviointi on systemaattista. Systemaattinen arviointi on organisoitu tapa lähestyä tehtäviä, projekteja sekä ongelmia luotettavien ja johdonmukaisten tulosten saavuttamiseksi. Systemaattisessa lähestymistavassa on ennalta määräytyt askeleet, joita arvioijan tulee seurata. Vaikka Nielsenin heuristiikat eivät esitä tarkkoja ohjeita arvioinnin suorittamiseen, tulee jokainen kohta käydä läpi ja arvioijan tulee varmistaa, että kohdan asettamat ehdot täyttyvät. Selkeiden arviointiohjeiden puute on yksi suuri kritiikin kohde ja se saattaa aiheuttaa virheitä arvioinnissa sekä arvioinnin laadun epätasaisuutta.

Nielsenin heuristiikat on suunniteltu siten, että niiden käyttö ei rajoitu vain tiettyyn rajapintatyyppiin vaan niitä voidaan käyttää laajasti eri käyttöliittymien suunnittelussa. Jotkin alan toimijat ovat soveltaneet Nielsenin heuristiikkoja tietyille tarvitsemilleen aloille. Sutcliffe ja Gault sovelsivat heuristiikkoja virtuaalitodellisuuden vuonna 2004, Bertini ja muut, Yáñez ja muut sekä Al-Khalifa ja muut sovelsivat niitä mobiililaitteisiin 2010-luvun molemmin puolin [7]–[9].

Moran ja Gordon kertovat artikkelissaan heuristisen arvioinnin vaiheista sekä siitä, missä kehityksen vaiheessa arviointia kannattaa suorittaa [10]. He tuovat esille, että heuristista arviointia kannattaa suorittaa erityisesti suunnittelun alkuvaiheessa sekä silloin jos suunnittelubudjetti on rajallinen, mutta halutaan silti löytää epäkohtia käyttöliittymässä. Heuristinen arviointi ei kuitenkaan korvaa käyttäjien avulla suoritettua arviointia, mutta se voi auttaa huomaamaan kohtia, joihin kan-

nattaa keskittyä käyttäjien kanssa. Heuristinen arviointi aloitetaan tiimin kokouksella. Kolmannessa kappaleessa käydään tarkemmin läpi arvioijien valitsemisen tärkeyttä ja miten huonoilla valinnoilla arviointi kärsii laadullisesti. Jokaisen arvioijan tulee tehdä arviointi itsenäisesti, ilman että he näkevät muiden arviointia. Näin varmistetaan, etteivät arvioijat vaikuta muiden näkemyksiin käyttöliittymän kehityskohteista. Arvioijia tulisi aina olla useampi, sillä yksi erinomainenkaan arvioija ei löydä kaikkia olemassaolevia virheitä. Heuristinen arviointi tulisi kohdistaa yhteen alueeseen kerrallaan, jotta arviointi on yksityiskohtaista ja mahdollisimman helppoa arvioijille. Arvioitavaan käyttöliittymään tulee aluksi tutustua, jotta arvioija pystyy huomaamaan Nielsenin heuristiikkojen mukaiset puutteet. Kun jokainen arvioija on suorittanut oman arviointinsa voidaan heidän havainnot yhdistää ja näiden perusteella päättää mitä tulee korjata ja mihin käyttäjätestauksessa keskitytään.

## 2.2 Nielsenin 10 heuristiikkaa

Jakob Nielsen esitti heuristiikat ensimmäisen kerran vuonna 1990 Rolf Molichin kanssa laatimassa artikkelissaan *Heuristic Evaluation of User Interfaces* [2]. Heuristiikat eivät olleet silloin nykyisessä muodossaan, vaan Nielsen ja Molich toivat esille hyvin karkean esityksen heuristiikoista. Tämän jälkeen niitä on muunneltu ja nykyisen muotonsa ne saavuttivat vuonna 2005 [4]. Alla olevaan taulukkoon on koottu millaisina heuristiikat ilmenivät minäkin vuosina. Vuosien 1990 ja 1994 listat eroavat toisistaan hieman kirjoitusasuissaan ja vuoden 1994 heuristiikkoihin on lisätty viimeinen kohta *Help and documentation*. Vuosien 1994 ja 2005 välissä on tapahtunut suurempia muutoksia. Osa heuristiikoista on vaihtanut järjestystä ja kirjoitusasuissa on suuria muutoksia. Esimerkiksi 1994 heuristiikoissa oleva *Speak the user's language* on vuoden 2005 heuristiikoissa nimellä *Match Between the System and the Real World*. Heuristiikat ovat kuitenkin sisällöllisesti pysyneet melko samana eikä niiden pääsanoma ole muuttunut kovinkaan paljon.

Taulukko 2.1: Nielsenin heuristiikkojen historia

Jakob Nielsenin käytettävyysheuristiikkojen kehitys		
1990	1994	2005
Simple and natural dialogue	Simple and natural dialogue	Visibility of System Status
Speak the user's language	Speak the user's language	Match Between the System and the Real World
Minimize user memory load	Minimize the users' memory load	User Control and Freedom
Be consistent	Consistency	Consistency and Standards
Provide feedback	Feedback	Error Prevention
Provide clearly marked exits	Clearly marked exits	Recognition Rather than Recall
Provide shortcuts	Shortcuts	Flexibility and Efficiency of Use
Good error messages	Good error messages	Aesthetic and Minimalist Design
Prevent errors	Prevent errors	Help Users Recognize, Diagnose, and Recover from Errors
-	Help and documentation	Help and Documentation

Nykypäivänä käytetyt Nielsenin heuristiikat on lueteltu alla ja jokaisesta on annettu lyhyt kuvaus.

1. *Visibility of system status* – Käyttäjän tulisi aina tietää järkevän ajan sisällä, mitä ohjelma tekee kyseisellä hetkellä. Ohjelma voi antaa käyttäjälle palautetta toiminnastaan ja täten käyttäjä pystyy päättämään seuraavan toimintonsa. Esimerkiksi kosketusnäytön haptinen palaute käyttäjän painallukseen.
2. *Match between system and the real world* – Ohjelman tulisi tukea käyttäjälle tuttua sanastoa ja symboleita. Verkkokaupoissa käytetään usein esimerkiksi ostoskärryä tai -koria symbolina käyttäjän virtuaaliselle ostoskorille, johon käyttäjän valitsemat tuotteet sijoitetaan kaupassa selailun ajaksi. Symboli on käyttäjille intuitiivinen, koska sitä käytetään samaan tarkoitukseen kuin fyysisen kaupan ostoskärryä.
3. *User control and freedom* – Käyttäjälle tulee luoda vapaus tehdä toimintoja haluamallaan tavalla ja haluamassaan järjestyksessä. Käyttäjät tekevät virheitä navigoidessaan sivustoja ja tällaisen virheen sattuessa tulee käyttäjälle tarjota helppo ja nopea tie pois nykyisestä tilasta eli peruuttaa virhellinen toi-

menpide. Virtuaalisen hätäuloskäynnin voi toteuttaa *exit*-painikkeella, joka vie käyttäjän heti pois esimerkiksi täytetystä lomakkeesta ilman, että käyttäjän täytyy mennä askel askeleelta taaksepäin kunnes käyttäjä on taas alkutilanteessa.

4. *Consistency and standards* – Ohjelman tulisi noudattaa yleisiä, laajasti tunnettuja termejä johdonmukaisesti ohjelman asettelussa. Saman tuoteperheen ohjelmien tulee noudattaa sisäistä jatkuvuutta suunnittelussa. Mobiililaitteiden ilmoitukset sisältävät usein pienen kuvakkeen sekä lyhyen tekstin käyttäjärjestelmästä tai mobiililaitteesta riippumatta.
5. *Error prevention* – Käyttäjän tekemien virheiden estäminen jo suunnitteluvaiheessa. Tämän voi tehdä poistamalla tilanteita, joissa käyttäjät tekevät usein virheitä tai varmistamalla, että käyttäjän valitsema toiminto on varmasti se jonka käyttäjä haluaa suorittaa. Esimerkiksi lomakkeen täytettyään käyttäjälle näytetään usein vielä kertaalleen hänen täyttämänsä tiedot, jotta hän voi tarkistaa niiden oikeellisuuden ennen lomakkeen lähettämistä. Käyttäjälle ei anneta mahdollisuutta lähettää vajaavaista lomaketta, josta puuttuu joi-tain tietoja, vaan niistä ilmoitetaan käyttäjälle ennen lomakkeen lähettämistä. Usein pakolliset kohdat on merkattu erottuvasti.
6. *Recognition rather than recall* – Käyttäjille tarjotaan tuttuja vaihtoehtoja, jotka käyttäjä on nähnyt ennenkin samanlaisessa asiayhteydessä. Näin käyttäjän ei tarvitse muistaa niin paljon tietoa vaan riittää, että käyttäjä tunnistaa symboleja sekä muuta informaatiota, jota on ennen tavannut. Suurin muutos tämän heuristiikan osalta tapahtui kun siirryttiin pois komentorivipohjaisista käyttöliittymistä, joissa piti muistaa jokainen komento erikseen, graafisiin käyttöliittymiin, joissa käyttäjille esiteltiin kaikki mahdolliset vaihtoehdot ja niistä tuli valita yksi haluttu komento.

7. *Flexibility and efficiency of use* – Ohjelman mukauttaminen käyttäjän osamistasoon. Kokeneemmille käyttäjille on tarjolla oikopolkuja ja näppäinkomentoja kun taas kokemattomille käyttäjille ohjelman käyttäminen on helppoa ja selkeää. Oikopolkujen lisääminen ei saa estää tai haitata ohjelman normaalia käyttöä. Tunnettu esimerkki tästä on tekstin kopiointiin ja liittämiseen käytettävät näppäinkomennot. Ne eivät haittaa normaalia käyttöä, mutta nopeuttavat niihin tottuneen käyttäjän työskentelyä.
8. *Aesthetic and minimalist design* – Ohjelman käyttöliittymän tulee tarjota käyttäjälle vain merkityksellistä tietoa ja olla esteettisesti miellyttävä. Minimalistisella ei tarkoiteta tässä asiayhteydessä pelkistettyä ja monotonista vaan termi tulee yhdistää tiedon välittämiseen. Käyttöliittymässä tulee välttää turhaa tietoa, sillä tämä voi estää oleellisen tiedon löytymistä.
9. *Help users recognize, diagnose, and recover from errors* – Virhetilanteissa käyttäjälle tulee kertoa selkeästi, mikä virhe on tapahtunut ja miten käyttäjän tulee toimia. Pelkkiä virhekoodeja ilman selitystä tulee välttää. Jos käyttäjä yrittää siirtyä verkkosivustolle ilman internetyhteyttä, useimmat selaimet näyttävät virheviestin, yleisimmät syyt internetyhteyden puuttumiseen sekä korjausehdotuksia, joita käyttäjä voi kokeilla itse.
10. *Help and documentation* – Käyttäjälle tulee olla saatavilla apua ja dokumentaatiota ohjelman toiminnasta. Tämän voi toteuttaa osiolla useimmiten kysytyistä kysymyksistä, käyttäjänneuvontapalveluilla sekä informaationsymbolilla, joka tuo käyttäjälle kontekstisidonnaista lisätietoa.

## 2.3 Muita käytettävyyden heuristiikkoja

Vaikka tutkielma keskittyy Nielsenin heuristiikkoihin, on syytä esitellä muitakin käytettävyyden arvioinnin ohjekokoelmia, sillä Nielsenin heuristiikat eivät ole ai-

noat yleisesti käytetyt heuristiikat. Tämä alaluku esittelee Schneidermanin kahdeksan kultaista sääntöä, Gerhardt-Powalsin kognitiivisen suunnittelun periaatteet ja Weinschenkin ja Barkerin luokittelun. Nämä ohjekokoelmat on valittu tarkasteluun sillä ne käsittelevät käyttöliittymäsuunnittelua hieman eri kannoilta ja ne ovat jokseenkin yleisesti käytettyjä omilla tahoillaan. Ben Schneiderman esitti käytettävyyssuunnittelulle kahdeksan kultaista sääntöä 1987, jotka käsittelevät suurilta osin samoja aiheita kuin Nielsenin heuristiikat, mutta ne keskittyvät enemmän käyttäjille annettuun valtaan ja heille annettavaan palautteeseen [11]. Säännöt ovat suunnattu enemmän pöytäkoneelle tarkoitetuille sovelluksille ja järjestelmille, joten niiden sovellettavuus muihin käyttöliittymiin on rajallinen, muttei olematon. Jill Gerhardt-Powalsin kognitiivisen suunnittelun periaatteet keskittyvät suurilta osin kognitiivisen kuorman vähentämiseen samalla periaatteella kuin Nielsenin heuristiikkojen kuudes kohta *Recognition rather than recall* [12]. Gerhardt-Powalsin periaatteet soveltuvat Nielsenin heuristiikkoja paremmin sellaisten käyttöliittymien suunnitteluun, jotka sisältävät monimutkaisia tai teoreettisia tehtäviä, kuten datan analysointia. Susan Weinschenk ja Dean Barker kehittivät 20 kohdan ohjeet, jotka perustuvat enemmän psykologiaan ja ihmisten käyttäytymiseen. Näitä ohjeita on suositeltu käytettävien tilanteissa, joissa käyttöliittymän kanssa toimivia henkilöitä on tarkoitus vakuutella tai suostutella eli esimerkiksi mainonnan ja sosiaalisen median kanssa [13].

Näiden lisäksi on kymmeniä eri heuristiikkoja, jotka ovat joko yleispäteviä käyttöliittymästä riippumatta tai ne on luotu tietyille käyttöliittymätyypeille. Jotkin henkilöt ovat yhdistäneet Nielsenin heuristiikkoja joihinkin muihin heuristiikoihin ja he ovat käyttäneet molemmista heuristiikoista heille oleellisia osia. Esimerkiksi Zhang ja muut yhdistivät artikkelissaan Nielsenin heuristiikkoja Schneidermanin kahdeksaan kultaiseen sääntöön, ja on myös esitetty, että heuristiikkojen yhdistäminen saattaa tuottaa parempia arvioinnin tuloksia, kuin yhden suoraviivaisen heu-

ristiikkasarjan käyttö [14].

Sidney Smith ja Jane Mosier lähestyivät käytettävyyssuunnittelua hyvin erilaisella tavalla vuonna 1986 julkaisemassaan artikkelissa ja he kokosivat 994:n kohdan ohjekokoelman käyttöliittymäsuunnittelun ohjeiksi [15]. Se sisältää samoja ohjeita kuin Nielsenin heuristiikat, mutta se ei ole yleisesti käytössä. Smithin ja Mosierin ohjekokoelma on niin laaja, että sitä ei ole mielekästä soveltaa käytäntöön. Vaikka ohjeiden laajuus voidaan nähdä heikkoutena ja haittapuolena, yksityiskohtaista dokumentaatiota voitaisiin hyödyntää esimerkiksi tekoälyn avulla. Tekoälyn avulla osittain tai kokonaan suoritettavasta heuristisesta arvioinnista ei ole tehty paljoa tieteellistä tutkimusta eikä aiheesta löydy montakaan artikkelia, joten tässä havaitaan tarvetta lisätutkimukselle.

Nielsenin heuristiikat ovat nousseet suosioon osittain niiden yleispätevyyden sekä yksinkertaisuuden ansiosta. Nielsen arvioi tuoreessa artikkelissaan, että syy niiden jatkuneelle suosiolle kumpuaa tavasta, jolla hän alun perin muodosti ne. Hänellä oli mahdollisuus kerätä tietoa ammattilaisten tekemistä suunnitteluvirheistä ja koota näistä yleisimmät yhteen. Samalla hän tutki jo olemassa olevaa käytettävyyssuunnittelun kirjallisuutta ja keräsi näistä yleisimpiä suunnitteluperiaatteita. Yhdistämällä nämä kaksi – 249 löydettyä suunnitteluvirhettä sekä 101 yleisintä suunnitteluperiaatetta – Nielsen löysi kymmenen tekijää, jotka selittivät suurimman osan ongelmista. Nämä tekijät muodostivat pohjan nykyisesti tunnetuille Nielsenin heuristiikoille. [16]

# 3 Nielsenin heuristiikoissa havaittuja puutteita sekä esitetyjä kehitysideoita

Tässä luvussa käsitellään aluksi yleisiä haasteita Nielsenin heuristiikkoja käytettäessä ja tämän jälkeen keskitytään tarkemmin arvioinnin laadun vaihtelevuuteen. Lopuksi esitellään ehdotettuja kehitysideoita. Laadukkaalla arvioinnilla tarkoitetaan, että arvioija tunnistaa oikeat virheet riittävällä tarkkuudella ja osaa yhdistää ne oikeisiin heuristiikkoihin. Laadukkaaseen arviointiin liittyy myös löydösten selkeä dokumentointi. Arvioinnin tarkoituksena on tuottaa luotettavaa tietoa ja huomata oleellimmat ongelmat käsillä olevassa käyttöliittymässä. Arvioijan tietämys alasta, kokemuksen määrä sekä tietämys arvioitavasta käyttöliittymästä vaikuttavat suuresti arvioinnin laatuun ja oikeellisuuteen. Arvionti vie resursseja ja laadukkaan arviointitiimin kokoaminen on tärkeää, jotta arviointiprosessi tuottaa mahdollisimman hyvän tuloksen.

## 3.1 Yleisiä puutteita Nielsenin heuristiikoissa

Vaikka Nielsenin heuristiikat on hyväksytty eräänlaiseksi standardiksi käyttöliittymäsuunnittelussa, on niissä havaittu myös puutteita. Useat alan toimijat ovat kritisoineet heuristiikkoja niiden ympärilyöreyden takia, joka vaikuttaa suoraan varsin-



kin noviisien tekemän arvioinnin laatuun [5], [17]. Korjaukseksi on ehdotettu uusien heuristiikkojen muodostamista pitäen Nielsenin heuristiikat eräänlaisena pohjana, jonka päälle uusia heuristiikkoja voidaan lisätä sekä selkeiden arviointikriteerien ja -ohjeiden muodostamista [17]. Jotkin toimijat ovat yhdistäneet Nielsenin heuristiikkoja muihin heuristiikkoihin ja uusia heuristiikkoja on ehdotettu, mutta nämä eivät ole saavuttaneet suurta suosiota eikä niiden käyttö ole yleistynyt. Ohjeita arvioinnin tueksi löytyy Nielsen Norman Groupin verkkosivuilta sekä hajanaisesti eri toimijoiden artikkeleista sekä ulkopuolisista verkkolähteistä [10].

Nielsenin heuristiikat eivät ota lainkaan kantaa käyttöliittymän saavutettavuuteen eikä siitä ole lisätty mainintaa myöhempiin versioihin. Saavutettavuus on digitaalista esteettömyyttä, joka mahdollistaa käyttöliittymien hyödyntämisen kaikille ja samalla se parantaa verkkosisällön tavoitettavuutta sekä auttaa tuottamaan parempia tuloksia hakukoneissa [18]. Saavutettavuuteen liittyvien seikkojen puuttuminen heuristiikoista on saanut kritiikkiä alan toimijoilta. Tuoreessa artikkelissaan Nielsen esitti omia mielipiteitään saavutettavuudesta ja tärkeimpänä kohtana artikkelista nousi esiin ettei hän erottele käyttäjiä sen mukaan onko heillä jotain vammoja tai toimintarajoitteita, vaan hän pitää kaikkia käyttäjiä tasavertaisina [19]. Tämän takia heuristiikoissa ei ole mainintaa saavutettavuudesta. Saavutettavuus on kaikkien etu, mutta Nielsenin mukaan modernitkaan käyttöliittymät eivät pysty aina luomaan miellyttävää käyttökokemusta kaikille käyttäjille. Hän ehdottaa, että käyttöliittymiä voitaisiin muotoilla tekoälyn avulla jokaiselle käyttäjälle erikseen ottaen heidän tarpeensa huomioon, mutta tämä ei ole hänen mukaan vielä toteutettavissa.

Kun Nielsen julkaisi heuristiikat 1990-luvulla, ei saavutettavuus ollut vielä laajalti tunnettu tai huomioitu käsite. Vasta vuonna 1999 The World Wide Web Consortium julkaisi ensimmäisen version käyttöliittymien saavutettavuudesta [20]. The World Wide Web Consortium on yleishyödyllinen voittoa tavoittelematon organisaatio, jonka tavoitteena on edistää saavutettavuutta, turvallisuutta, yksityisyyden

suojaaja sekä kansainvälisyyttä verkossa [21]. Saavutettavuus on tasaisesti kasvattanut näkyvyyttään 1990-luvun jälkeen ja nykyään on saavutettavuusdirektiivejä sekä saavutettavuuteen liittyviä ohjeita ja lakeja jotka pyrkivät takaamaan saavutettavuuden verkossa. Esimerkiksi Euroopan parlamentin ja neuvoston vuonna 2016 asettama direktiivi julkisen sektorin elinten verkkosivustojen ja mobiilisovellusten saavutettavuudesta pyrkii edistämään saavutettavuutta verkossa [22].

Tärkeä aihe johon Nielsenin alkuperäisjulkaisut heuristiikoista eivät ota kantaa on turvallisuus. Vaikka turvallisuus ei suoraan vaikuta käyttöliittymän käytettävyyteen, on se kuitenkin tärkeä osa mitä tahansa käyttöliittymää. Turvallisuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä kaikkien käyttöliittymää käyttävien tahojen tietosuojaa sekä -turvaa. Tietosuoja kattaa säännösten, jonka mukaan käyttäjien tietoja tulee käsitellä sekä säilyttää ja tietoturva tarjoaa konkreettisia keinoja kyseisten tietojen suojaukseen. Nwokedi ja muut tuovat esiin artikkelissaan, että turvallisuuden tulisi olla mukana jo käyttöliittymän suunnitteluvaiheessa, jotta voidaan välttää jälkikäteen tehtäviä lisäyksiä ja muutoksia käyttöliittymään [23]. Kun tietoturva otetaan huomioon heti alusta asti sulautuu se paremmin käyttöliittymään.

## 3.2 Arvioinnin laadun vaihtelevuus

Monet eri alan tutkijat ovat huomanneet, että arvioijien kokemus ja osaaminen vaikuttavat suoraan heidän tekemänsä arvioinnin laatuun. Kokemattomat arvioijat eivät tuota yhtä laadukasta arviointia kuin kokeneet arvioijat [5]. Tähän on esitetty useita syitä, mutta useimmiten esiintyvä syy on selkeiden ohjeiden puuttuminen. Nielsenin heuristiikat käsittelevät yleisimpiä virheitä käyttöliittymäsuunnittelussa, mutta ne eivät anna selkeitä ohjeita miten heuristinen arviointi tulisi suorittaa. Nielsen Norman Groupin verkkosivuilta löytyy paljon materiaalia arvioinnin suorittamiseen, mutta nämä on esitetty erillisenä kokonaisuutena Nielsenin heuristiikoista ja arvioinnin ohjeita on lisätty jälkikäteen. Vaikka jokaiselle heuristiikalle on tehty

arvioinnin ohjeet erikseen, ei niitä ole koottu yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, joka ottaisi huomioon muutkin kehityksen vaiheet ja ehdottaisi esimerkiksi missä vaiheessa mitäkin heuristiikkaa tulisi käsitellä.

Nielsenin alkuperäinen väite oli, että 3-5 hengen ryhmä kokeneita arvioijia pystyisi löytämään 74-87% käytettävyydevirheistä heuristiikkoja käyttämällä. Tässä kokeneilla arvioijilla tarkoitetaan henkilöitä, joilla on alan tutkinto tai riittävästi työkokemusta heuristisen arvioinnin parissa. Samassa tutkimuksessa käytettiin vielä kokeneempia arvioijia, joilla oli tutkinnon tai työkokemuksen lisäksi kokemusta arvioitavasta käyttöliittymästä ja he pystyivät löytämään 81-90% virheistä samalla 3-5 hengen ryhmäkoolla. Noviisiarvioijat, jotka olivat tässä tutkimuksessa tietotekniikan opiskelijoita, löysivät viiden hengen ryhmällä vain 51% virheistä ja vasta 14 hengen ryhmä löysi yli 75% virheistä. 14 hengen ryhmä kokeneita tai erittäin kokeneita arvioijia löysi jo lähes kaikki käyttöliittymässä havaittavat virheet. Arvioinnin tarkoituksena ei ole löytää kaikkia virheitä, vaan pikemminkin löytää huomattavimmat ja suurimmat virheet. Jos suunnittelua ja heuristista arviointia tehdään monta kierrosta ja arvioinnin lisäksi käytetään käyttäjiltä saatua palautetta, saadaan karistettua jo suurin osa virheistä pois. [24]

Aleksandra Slavkovic ja Karen Cross esittivät vuonna 1999 julkaisemassaan artikkelissa eriäviä tutkimustuloksia Nielsenin heuristiikoilla arvioinnista. Artikkelissä esitti, että noviisit löytäisivät tosiasiallisesti paljon vähemmän virheitä, kuin mitä Nielsen oli ilmoittanut – vain noin 23%. Tässä tutkimuksessa oli kuitenkin annettu alan opiskelijoille vain kuukausi aikaa tutustua paljon monimutkaisempaan käyttöliittymään ja heidän ainut kosketuspintansa heuristiikkoihin oli yksi Jakob Nielsenin julkaisema teksti heuristisesta arvioinnista, jonka kaikki arvioijat lukivat sekä yksi luento heuristisesta arvioinnista. Slavkovic ja Cross tunnustivat, että arvioitavan käyttöliittymän monimutkaisuus oli pääasiallinen syy tutkimustulosten eroille. [17]

Heuristiikkojen toimivuuden lisäksi on tärkeää taata niiden helppokäyttöisyys,

jotta aloittelevatkin arvioijat voivat hyödyntää niitä. Botella ja muut huomasiat vuonna 2018 julkaisemassa tutkimusartikkelissaan, että noviisiarvioijilla oli vaikeuksia heuristisen arvioinnin suorittamisessa [25]. Tutkimuksen aiheena ei ollut heuristisen arvioinnin laatu vaan se, miten opiskelijat arvioivat heuristiikkojen toimivuutta sekä niiden avulla suoritettujen arvioinnin helppoutta. Arvioijina toimivat tietojenkäsittelytieteen neljännen vuoden yliopisto-opiskelijat, joilla ei ollut aiempaa kokemusta heuristisesta arvioinnista ja heidän ainoa kosketuspintansa heuristiseen arviointiin oli yksi yliopistotason kurssi kyseisestä aiheesta. Suurimpia haasteita tuottivat ongelman yhdistäminen oikeaan heuristiikkaan sekä teknisten seikkojen erottaminen käytettävyysoongelmasta. Useimmat tutkimukseen osallistuneet opiskelijat ilmaisivat, että heuristiikat ovat liian ympäröityjä, jotta niillä tehty arviointi voisi olla sujuvaa. Tämä kritiikki on tullut esille myös monissa muissa aihepiirin artikkeleissa.

### 3.3 Esitetyt kehitysideat

Vaikka Nielsenin käytettävyyshauristiikat ovat suurilta osin hyväksytyt käyttöliittymien suunnittelun standardiksi, on niissä huomattu puutteita ja näihin on esitetty erilaisia ratkaisuja useiden eri henkilöiden ja ryhmien puolesta. Vuonna 2006 Hvannberg ja muut ehdottivat artikkelissaan verkkotyökalun luontia, jonka avulla käytettävyysoongelmia voitaisiin havaita sekä dokumentoida [14]. Useat artikkelit saapuivat samaan johtopäätökseen, että noviisiarvioijat eivät tuota laadukasta arviointia. Tämä johtuu suurilta osin siitä, että heillä ei ole tarpeeksi käytännön kokemusta heuristisen arvioinnin suorittamisesta. Käytännön kokemus on mittaamattoman arvokasta arviointia suorittaessa ja kokeneet arvioijat tuottavat jatkuvasti laadukkaampaa arviointia. Yleisimmät kehitysehdotukset noviisien tekemän arvioinnin laadun ja luotettavuuden parantamiseen ovat selkeiden arviointikriteerien määrittäminen sekä apukysymysten luominen systemaattisen arvioinnin tueksi [26]. Nielsen Norman Groupin verkkosivuilla on paljon tietoa heuristiikoista ja niiden avulla arvioinnista

sekä lyhyitä ohjeita arvioinnin tueksi.

Kaikkien heuristiikkojen haasteena on se, että käyttäjien todellinen logiikka ja käytös eivät aina vastaa suunnittelijoiden odotuksia. Näitä epäjohdonmukaisuuksia on vaikea ennustaa etukäteen, ja ongelmien tunnistaminen edellyttää käyttäjätausta, jossa käyttäjät itse paljastavat käytännön haasteita, jotka voivat poiketa suunnittelijoiden oletuksista. Tämän takia käyttäjillä testaus on erittäin tärkeä osa käyttöliittymän suunnittelua ja myöhempää muokkausta.

## 4 Yhteenveto ja pohdinta

Nielsenin heuristiikkoja voidaan hyödyntää laajasti käyttöliittymien suunnittelussa sekä niiden toimivuuden arvioinnissa. Heuristiikat ovat laajalti tunnettuja ja niitä käytetään vieläkin käyttöliittymäsuunnittelussa, vaikka ne on esitelty ensimmäisen kerran jo 1990-luvulla. Heuristiikkoja on kritisoitu esimerkiksi niiden ympärilyöreyden takia, mutta Nielsen on tarkoituksella luonut heuristiikat melko väljiksi, jotta niitä voidaan soveltaa laajalti useisiin eri käyttöliittymiin. Tämä myös luo tilaa kokeneiden arvioijien mielipiteille sekä kokemuksen pohjalta tehdyille päätöksille. Heuristisen arvioinnin rinnalla tulee hyödyntää käyttäjiltä saatua palautetta eikä heuristiikkoja ole tarkoitus käyttää yksin. Heuristinen arviointi sopii jokaiseen käyttöliittymän suunnittelun ja toteutuksen vaiheeseen.

TK1: Heuristiikoissa on huomattu useita puutteita, joista arvioinnin laadun vaihtelevuus on useimmiten ilmenevä alan artikkeleissa. Muita puutteita ovat heuristiikojen ympärilyöreys ja selkeiden arviointiohjeiden puuttuminen sekä tietoturvan ja saavutettavuuden epähuomiointi. Arvioinnin laadun vaihtelevuuteen vaikuttaa pääasiassa arvioijan kokemus heuristisesta arvioinnista ja arvioitavasta käyttöliittymästä.

TK2: Heuristiikojen ympärilyöreys ja väljyys vaikuttavat arvioinnin haastavuuteen ja noviisiarvioijien tueksi on ehdotettu selkeiden arviointiohjeiden muodostamista.

Tällä hetkellä apua arviointiin löytyy Nielsen Norman Groupin verkkosivuilta, yksittäisistä artikkeleista sekä ulkopuolisilta verkkosivuilta, jotka liittyvät heuristiseen arviointiin yleisesti. Tietoturva ja -suoja ovat teemoja, jotka saavat alati lisää huomiota joten näiden lisäämistä Nielsenin heuristiikkoihin on ehdotettu, mutta muutosta ei ole tapahtunut. Jotkin alan toimijat ovat ehdottaneet uuden heuristiikkojen muodostamista, Nielsenin heuristiikkojen täydentämistä sekä Nielsenin heuristiikkojen yhdistämistä joihinkin toisiin käytettävyyssuunnittelun heuristiikkoihin.

Heuristinen arviointi vie resursseja, joten herää kysymys olisiko sitä mahdollista automatisoida tai suorittaa tekoälyn avulla. Tekoälyllä on vakiintunut rooli verkkosivujen rakentamisessa ja sen avulla voidaan parantaa käytettävyyttä, tietoturvaa sekä personalisoida verkkosivuja käyttäjän tarpeiden mukaan. Joihinkin käyttöliittymien rakennustyökaluihin on integroitu tekoäly jossain mittakaavassa, mutta soveltuvuutta heuristiseen arviointiin ei ole tutkittu laajalti. Tekoälyä hyödynnetään jo käyttäjällekkin näkyvillä tavoilla esimerkiksi erilaisten keskustelubottien muodossa, jotka voivat vastata käyttäjän yksinkertaisiin kysymyksiin ja ohjata käyttäjä oikeaan paikkaan. Tekoäly on siis jo tuttu kehittäjille sekä käyttäjille. Tekoälyä voitaisiin mahdollisesti hyödyntää myös uusien heuristiikkojen määrittelyssä. Aihe kaipaa kuitenkin lisätutkimusta erityisesti tekoälyn hyödyistä heuristisessa arvioinnissa, jotta sen käyttöönottoa voidaan harkita [27].

Nielsen korostaa tekoälyn roolia käyttöliittymäsuunnittelussa. Hän ehdottaa uudessa artikkelissaan, että saavutettavuusongelmia voitaisiin vähentää, jos käyttöliittymiä voitaisiin räätälöidä paremmin käyttäjän tarpeiden mukaan [19]. Tähän kuuluisi käyttäjän tarpeiden arviointi ja tämän jälkeen käyttöliittymän generointi tekoälyä hyödyntäen. Tällä tavalla jokainen käyttäjä saisi tarvitsemansa käyttöliittymän. Generatiivinen tekoäly on tekoäly, joka kykenee tuottamaan tekstiä, kuvia tai muuta dataa käyttäjän antaman kehotteen avulla [28]. Generatiivinen tekoäly

ei kuitenkaan vielä pysty toteuttamaan Nielsenin ehdottamaa personalisointia, vaan sen käyttö verkkosivujen reaaliaikaisissa muutoksissa on vielä rajoittunut pienten muutosten tekoon. Tekoälyllä tehtävää heuristista arviointia sekä generatiivista tekoälyä tulisi tutkia enemmän, jotta niistä saataisiin toimivia työkaluja käyttöliittymäsuunnitteluun.

Arvioinnin laadun testaus on tuottanut yksittäisillä testeillä hyvin eriäviä tuloksia. Jakob Nielsen esitti oman kokeensa pohjalta melko hyviä tuloksia heuristiikkojen avulla arvioinnissa, mutta alan muut toimijat eivät ole pystyneet saavuttamaan samankaltaisia tuloksia [17], [24]. Vaikka kahden eri kokeen olosuhteet eivät olleet identtiset, olisi niistä voitu odottaa tuloksia, jotka olisivat olleet lähempänä toisiaan. Syitä eroille eriteltiin hieman Slavkovicin ja Crossin artikkelissa ja he tunnistivat kokeiden erilaisuuden pääasialliseksi syyksi tulosten eroille. Nielsenin heuristiikkojen toimivuutta on kritisoitu, mutta tehtyjä kokeita on hyvin vähän. Kokeita ei ole toistettu, joten ei ole havaintoja siitä löytäisivätkö kokeisiin osallistuneet henkilöt samat virheet samalla tarkkuudella kerta toisensa jälkeen. Heuristiikkoja käytetään kuitenkin runsaasti nykyaikaisessa käyttöliittymäsuunnittelussa, joten niiden jatkuva suosio puhuu niiden toimivuuden puolesta.



# Lähdeluettelo

- [1] *Heuristic*, maaliskuu 2024. url: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/heuristic>.
- [2] J. Nielsen ja R. Molich, ”Heuristic evaluation of user interfaces”, sarja CHI ’90, Seattle, Washington, USA: Association for Computing Machinery, 1990, s. 249–256.
- [3] J. Nielsen, ”Enhancing the explanatory power of usability heuristics”, teoksessa *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems celebrating interdependence - CHI ’94*, sarja CHI ’94, ACM Press, 1994. url: <http://dx.doi.org/10.1145/191666.191729>.
- [4] J. Nielsen, ”Ten Usability Heuristics”, 2006. url: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:59788005>.
- [5] A. Abulfaraj ja A. Steele, ”Operational Usability Heuristics: A Question-Based Approach for Facilitating the Detection of Usability Problems”, teoksessa *Lecture Notes in Computer Science*. Springer International Publishing, 2021, s. 173–186. url: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-78221-4\\_12](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-78221-4_12).
- [6] J. Nielsen, *10 Usability Heuristics for User Interface Design*, huhtikuu 1994. url: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>.

- [7] A. Sutcliffe ja B. Gault, "Heuristic evaluation of virtual reality applications", *Interacting with Computers*, vol. 16, nro 4, s. 831–849, elokuu 2004. url: <http://dx.doi.org/10.1016/j.intcom.2004.05.001>.
- [8] E. Bertini, S. Gabrielli ja S. Kimani, "Appropriating and assessing heuristics for mobile computing", teoksessa *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces - AVI '06*, sarja AVI '06, ACM Press, 2006. url: <http://dx.doi.org/10.1145/1133265.1133291>.
- [9] H. S. Al-Khalifa, B. Al-Twaim ja B. AlHarbi, "A heuristic checklist for usability evaluation of Saudi government mobile applications", teoksessa *Proceedings of the 18th International Conference on Information Integration and Web-based Applications and Services*, sarja iiWAS '16, ACM, marraskuu 2016. url: <http://dx.doi.org/10.1145/3011141.3011189>.
- [10] K. Moran ja K. Gordon, *How to Conduct a Heuristic Evaluation*, kesäkuu 2023. url: <https://www.nngroup.com/articles/how-to-conduct-a-heuristic-evaluation/>.
- [11] B. Shneiderman, C. Plaisant, M. Cohen, S. Jacobs, N. Elmqvist ja N. Diakopoulos, *Designing the user interface*, 6. painos. Upper Saddle River, NJ: Pearson, huhtikuu 2016.
- [12] J. Gerhardt-Powals, "Cognitive engineering principles for enhancing human-computer performance", *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 8, nro 2, s. 189–211, huhtikuu 1996. url: <http://dx.doi.org/10.1080/10447319609526147>.
- [13] S. Weinschenk ja D. T. Barker, *Designing Effective Speech Interfaces*. Nashville, TN: John Wiley & Sons, huhtikuu 2000.
- [14] E. T. Hvannberg, E. L.-C. Law ja M. K. Lárusdóttir, "Heuristic evaluation: Comparing ways of finding and reporting usability problems", *Interacting with*

- Computers*, vol. 19, nro 2, s. 225–240, 2007, HCI Issues in Computer Games. url: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095354380600138X>.
- [15] S. L. Smith ja J. N. Mosier, ”GUIDELINES FOR DESIGNING USER INTERFACE SOFTWARE”, elokuu 1986.
- [16] J. Nielsen, *How I Developed the 10 Usability Heuristics*, helmikuu 2024. url: <https://jakobnielsenphd.substack.com/p/usability-heuristics-history>.
- [17] A. Slavkovic ja K. Cross, ”Novice heuristic evaluations of a complex interface”, teoksessa *CHI '99 extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI '99*, sarja CHI '99, ACM Press, 1999. url: <http://dx.doi.org/10.1145/632716.632902>.
- [18] S. Kurt, ”Moving toward a universally accessible web: Web accessibility and education”, *Assistive Technology*, vol. 31, nro 4, s. 199–208, tammikuu 2018. url: <http://dx.doi.org/10.1080/10400435.2017.1414086>.
- [19] J. Nielsen, *Accessibility Has Failed: Try Generative UI = Individualized UX*, helmikuu 2024. url: <https://jakobnielsenphd.substack.com/p/accessibility-generative-ui>.
- [20] *Web Content Accessibility Guidelines 1.0* — *w3.org*, toukokuu 1999. url: <https://www.w3.org/TR/WAI-WEBCONTENT/>.
- [21] *The World Wide Web Consortium (W3C)*, 2021. url: <https://www.w3.org/about/>.
- [22] ”DIRECTIVE (EU) 2016/2102 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 26 October 2016 on the accessibility of the websites and mobile applications of public sector bodies”, lokakuu 2016, L 327/1.

- [23] U. O. Nwokedi, B. A. Onyimbo ja B. B. Rad, "Usability and Security in User Interface Design: A Systematic Literature Review", *International Journal of Information Technology and Computer Science*, vol. 8, nro 5, s. 72–80, toukokuu 2016. url: <http://dx.doi.org/10.5815/ijitcs.2016.05.08>.
- [24] J. Nielsen, "Finding usability problems through heuristic evaluation", teoksessa *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems - CHI '92*, sarja CHI '92, ACM Press, 1992. url: <http://dx.doi.org/10.1145/142750.142834>.
- [25] F. Botella, C. Rusu, V. Rusu ja D. Quiñones, "How novel evaluators perceive their first Heuristic Evaluation", teoksessa *Proceedings of the XIX International Conference on Human Computer Interaction*, sarja Interacción 2018, ACM, syyskuu 2018. url: <http://dx.doi.org/10.1145/3233824.3233835>.
- [26] C. Jimenez, C. Rusu, V. Rusu, S. Roncagliolo ja R. Inostroza, "Formal specification of usability heuristics: how convenient it is?", teoksessa *Proceedings of the 2nd international workshop on Evidential assessment of software technologies*, sarja ESEM '12, ACM, syyskuu 2012. url: <http://dx.doi.org/10.1145/2372233.2372249>.
- [27] M. Rustambek, "THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN WEB SITES", *Proceedings of International Conference on Scientific Research in Natural and Social Sciences*, vol. 2, nro 7, s. 101–107, heinäkuu 2023. url: <https://econferenceseries.com/index.php/srnss/article/view/2407>.
- [28] A. Zewe, "Explained: Generative AI", *MIT News | Massachusetts Institute of Technology*, marraskuu 2023. url: <https://news.mit.edu/2023/explained-generative-ai-1109>.